

PENENTUAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA KOMPONEN MESIN *CALLENDER* DI PT. KARET NGAGEL SURABAYA WIRA JATIM

Muhammad Ikhbarul Haq

S1 Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
muhammadhaq1@mhs.unesa.ac.id

Dyah Riandadari

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
dyahriandadari@unesa.ac.id

Abstrak

PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan karet. Dengan berkembangnya bisnis properti dan meningkatnya pemakaian karet siap pakai saat ini, melihat kondisi yang telah dijelaskan. Oleh karena itu perlu diberlakukan proses pemeliharaan yang terencana pada setiap mesin produksi. Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem *break down maintenance* yaitu ketika mesin mati atau alat mengalami kerusakan baru dilakukan perbaikan. Untuk memberikan solusi terbaik, kami sebagai penulis mengambil langkah untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode *preventive maintenance* yang bertujuan untuk meminimalisir kerusakan fatal pada komponen mesin. Kerusakan komponen *Carbon Brush* pada mesin *Callender* dalam rentan waktu Januari 2017 sampai dengan Desember 2017 tercatat kerusakan sebanyak 18 kali, pada mesin *Callender* terdapat 18 komponen *Carbon Brush*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan *preventive maintenance* dengan menggunakan metode *Age Replacement*. Penentuan penjadwalan interval waktu penggantian *Spring Carbon Brush* sebagai bentuk mengoptimalkan biaya *down time* dengan menggunakan metode *Age Replacement* di PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim diperoleh interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 18 hari dan terjadi 16 kali perbaikan komponen dalam 1 tahun kedepan Penghematan biaya *down time* sebesar Rp.1.710.000,- atau 37.25% dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode *Age Replacement*.

Kata kunci: *Preventive Maintenance, down time, Spring Carbon Brush, Age Replacement.*

Abstract

PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim is a company engaged in the manufacture of rubber. With the development of the property business and the increasing use of rubber ready to wear today, see the conditions described. Therefore, it is necessary to apply the planned maintenance process to each production machine. During this time the company only use the break down system maintenance is when the machine dies or the appliance experiencing new damage done repair. To provide the best solution, we as a writer took steps to conduct research using maintenance preventive method aimed at minimizing fatal damage to machine components, damage component Carbon Brush on Callender machine in the vulnerable time of January 2017 until December 2017 recorded damage 18 times, in the Callender machine there are 18 components Carbon Brush. From the results of research that has been done preventive maintenance using the Age Replacement method. Determination of scheduling interval of Spring Carbon Brush replacement as a form optimizing the cost of downtime by using the Age Replacement method at PT Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim obtained the optimal time interval replacement is 18 days and occurs 16 times the repair of components in the next 1 year the saving of downtime costs of Rp.1.710.000,- or 37.25% compared to before using scheduling with the Age Replacement method.

Keywords: Preventive Maintenance, down time, Spring Carbon brush, Age Replacement.

PENDAHULUAN

Suatu mesin dengan produktivitas baik, mampu beroperasi secara normal dalam suatu proses produksi. Namun penggunaan mesin yang secara terus menerus dapat menurunkan tingkat kesiapan mesin itu sendiri. Maka diperlukan usaha untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar hasil produksi tetap terjamin akibat penggunaan mesin secara terus-menerus yaitu

dengan pemeliharaan mesin yang baik dan terencana. Pada pemilihan sistem pemeliharaan, harus secara tepat berdasarkan jenis mesin dan komponen yang ada pada mesin tersebut. Setiap jenis dan komponen mesin mempunyai masa *life time* yang beragam, seluruh hal tersebut diharapkan dapat diperhatikan secara serius, karena akan sangat berpengaruh dalam kinerja mesin dan berakibat pada proses produksi.

PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan karet. Dengan berkembangnya bisnis properti dan meningkatnya pemakaian karet siap pakai saat ini, melihat kondisi yang telah dijelaskan. Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem *break down maintenance* yaitu ketika mesin mati atau alat mengalami kerusakan baru dilakukan perbaikan sehingga dapat mengganggu proses produksi yang berimbas pada meningkatnya biaya *down time* yang harus dikeluarkan oleh pabrik untuk proses perbaikan berlangsung tanpa adanya *preventive maintenance*. Solusi terbaik adalah menggunakan metode *preventive maintenance* yang bertujuan untuk meminimalisir kerusakan fatal pada komponen mesin, sehingga tidak mengganggu proses produksi pada PT. Karet Ngagel Surabaya. Kerusakan komponen *Carbon Brush* pada mesin *Callender* dalam rentan waktu Januari 2017 sampai dengan Desember 2018 tercatat kerusakan sebanyak 36 kali, pada mesin *Callender* terdapat 18 komponen *Carbon Brush*.

Sistem pemeliharaan yang optimal, terdiri dari biaya pemeliharaan dan jaminan berhasilnya proses produksi. Optimisasi dipilih sebagai pendekatan dalam penyelesaian masalah untuk pemilihan jenis sistem pemeliharaan mesin. Adapun komponen yang akan diteliti pada perusahaan PT. Karet Ngagel Surabaya, yaitu mesin *Callender*.

Penelitian ini bertujuan untuk Menentukan waktu optimal untuk penjadwalan *Preventive Maintenance* pada mesin *Callender* menggunakan metode *Age Replacement* dan besaran biaya *down time* setelah penerapan *Preventive Maintenance*.

Perawatan atau pemeliharaan merupakan suatu fungsi dalam perusahaan yang sama-sama pentingnya dengan fungsi lain, seperti produksi. Sebab perusahaan mempunyai peralatan atau fasilitas yang selalu dipergunakan untuk kebutuhan proses produksi. Perawatan atau pemeliharaan ini meliputi kegiatan pengecekan, pelumasan dan perbaikan atas kerusakan yang ada serta penyesuaian atau komponen yang terdapat pada peralatan atau fasilitas tersebut.

Tujuan pemeliharaan adalah untuk memelihara kemampuan mesin atau alat dan mengendalikan biaya sehingga mesin harus dirancang dan dipelihara untuk mencapai standar mutu dan kinerja yang diharapkan. persoalan yang dihadapi oleh suatu perusahaan dalam kegiatan pemeliharaan adalah persoalan teknis dan persoalan ekonomis. Persoalan teknis meliputi hal-hal yang menyangkut usaha untuk menghilangkan kemungkinan yang menimbulkan kemacetan yang disebabkan karena kondisi fasilitas produksi yang tidak baik. Sedangkan persoalan ekonomis meliputi

hal-hal yang berkaitan dengan usaha yang harus dilakukan agar kegiatan pemeliharaan yang dibutuhkan secara teknis dapat dilakukan secara efisien dengan memperhatikan besarnya biaya yang terjadi dan tentunya alternatif tindakan yang dipilih untuk dilaksanakan adalah yang menuntungkan perusahaan. Pemakaian teknik pemeliharaan terencana yang tepat mampu mengurangi keadaan darurat dan waktu mengganggu mesin-mesin.

Pada metode *Age Replacement*, tindakan penggantian dilakukan pada saat pengoperasian sudah mencapai umur yang ditetapkan, yaitu sebesar (T_f). Jika pada selang waktu (tp) tidak terdapat kerusakan, maka akan tetap dilakukan penggantian sebagai tindakan pencegahan. Jika sistem mengalami kerusakan pada selang waktu (tp), maka dilakukan tindakan penggantian perbaikan dan penggantian berikutnya akan dilakukan berdasarkan perhitungan (tp), terhitung mulai dari waktu penggantian perbaikan tersebut.

Preventive maintenance dengan menggunakan metode *Age Replacement* penjadwalan penggantian dengan waktu yang optimal dapat menurunkan biaya *down time* akibat mesin tidak dapat beroperasi dalam waktu tertentu, karena waktu kerja mesin dapat dioptimalkan untuk menghasilkan produk yang lebih maksimal. Hasil jadwal *maintenance* menjadi lebih baik dikarenakan inspeksi pada mesin yang dilakukan secara rutin.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Menurut Sukmadinata (2010) penelitian deskriptif adalah suatu bentuk penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada baik fenomena alamiah, ataupun fenomena buatan manusia fenomena itu dapat berupa bentuk, aktivitas karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan, dan perbedaan antara fenomena, yang satu dengan fenomena yang lain. Dalam penelitian deskriptif ini peneliti melakukan sesuatu pengumpulan data dari setiap perubahan yang terjadi di perusahaan melalui percobaan yang secara khusus tanpa melakukan analisa dari data atau sampel. Dalam penelitian deskriptif dipergunakan untuk metode *Age Replacement Spring Carbon Brush* untuk menekan kejadian kerusakan dan diharapkan akan meminimumkan biaya saat pemeliharaan *Spring Carbon Brush* secara berkelanjutan.

Sasaran Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perusahaan PT. Karet Ngagel Surabaya Wira JATIM pada bulan Mei 2019 - Juni 2019.

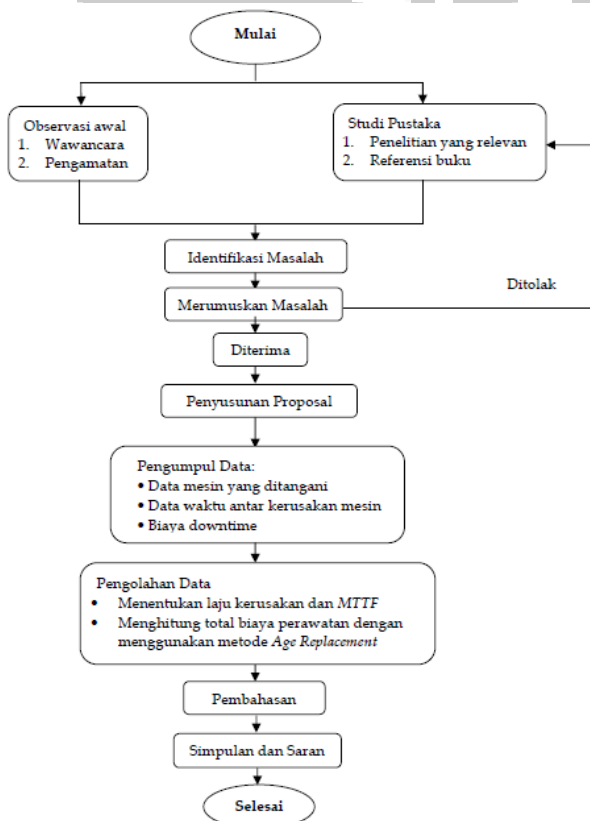
Definisi Operasional Variabel

Variabel bebas pada penelitian ini adalah *MTTF* (*Mean Time To Failure*), yaitu waktu ekspektasi terjadinya kegagalan. *MTTF* merupakan nilai rata-rata waktu kerusakan yang akan datang dari sebuah sistem. *MTTF* disebut juga sebagai masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak. *MTTF* hanya digunakan pada komponen/peralatan yang hanya biasa digunakan sekali pakai saja, yang jika telah mengalami kerusakan harus diganti dengan komponen atau peralatan yang baru.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah interval waktu *preventive maintenance* dan biaya *down time*.

Variabel kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah komponen *Spring Carbon Brush* pada mesin *Callender* di PT. Karet Ngagel Surabaya. *Spring Carbon Brush* adalah suatu komponen pada mesin *Callender* yang berfungsi sebagai penerus tegangan pada bagian statis ke bagian yang bergerak.

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Untuk dapat mengumpulkan data yang relevan, akurat, valid serta reliabel sesuai kebutuhan perlu digunakan metode-metode pengumpulan data. Ketepatan penggunaan metode pengumpulan data sangat ditentukan oleh jenis data yang akan dikumpulkan. Jenis data yang akan diambil beserta metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian yang akan dijelaskan.

Ada dua jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu data primer dan data sekunder. Adapun jenis data yang dimaksud adalah:

- Data Primer

Data primer merupakan sumber yang langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono : 2014). Data primer adalah suatu sumber yang didapat langsung saat pengumpul data yang memiliki sifat *up to date*. Data primer ini dibutuhkan dalam sebuah penelitian yang berguna menyelesaikan masalah perencanaan pemeliharaan *Spring Carbon Brush* pada mesin *Callender*. Data diperoleh dalam bentuk sebuah dokumen dengan melakukan sebuah wawancara kepada bagian *maintenance* serta pengamatan langsung di lapangan.

- Data sekunder

Data sekunder yaitu pengumpulan sebuah data dengan cara mencatat semua data dan dokumen perusahaan, ada 2 macam objek penelitian pada data sekunder dalam penelitian ini yaitu:

- Studi pustaka dilakukan dengan adanya suatu maksud untuk memperoleh data pustaka sebagai narasumber yang dapat dijadikan sumber dalam memecahkan masalah yang sering dialami.
- Dokumen perusahaan merupakan arsip arsip yang dikumpulkan karena ada kaitan dalam penelitian ini.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dapat diartikan sebagai upaya yang dilakukan seorang peneliti dalam memperoleh data yang diperlukan sebagai bahan untuk menyusun hasil penelitiannya dengan menggunakan berbagai macam metode pengumpulan data. Metode pengumpulan data yang dipergunakan adalah :

- Observasi Langsung

Yaitu suatu cara pengumpulan data dengan mengamati secara langsung obyek penelitian untuk memperoleh data primer, yaitu waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan

- **Interview**

Pengumpulan data dengan melakukan *interview*/tanya jawab langsung dengan responden/pihak yang memiliki kaitan langsung dengan permasalahan yang diteliti. Dalam hal ini dengan pimpinan, staf dan karyawan perusahaan.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini data yang telah dikumpulkan dan diolah sesuai dengan tujuan teori yang ada. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode deskriptif, yaitu melakukan sesuatu pengumpulan data dari setiap perubahan yang terjadi di perusahaan dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual dan akurat mengenai hasil selama pengolahan data. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menekan kejadian kerusakan dan mengharapakan meminimumkan biaya saat pemeliharaan *Spring Carbon Brush* secara berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

Tujuan penggunaan metode statistika deskriptif untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu (Sudjana, 1996).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Penelitian ini memfokuskan pada mesin *Callender* khususnya pada komponen *Spring Carbon Brush*. Data ini diperoleh dari laporan kerusakan dari Bulan Januari 2017 sampai Desember 2017. Data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan adalah sebagai berikut :

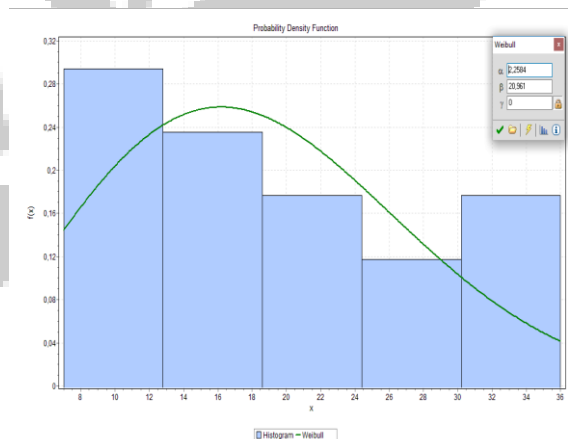
Tabel 1. Data Waktu Kerusakan dan Lama Perbaikan

Nomor komponen	Tanggal Kerusakan	Rentang Waktu Antar Kerusakan	Lama Perbaikan (Menit)
1.	10 Januari 2017	-	25
2.	25 Januari 2017	15 hari	20
3.	08 Februari 2017	14 hari	25
4.	10 Maret 2017	30 hari	20
5.	03 April 2017	24 hari	20
6.	17 April 2017	14 hari	20
7.	27 April 2017	10 hari	15
8.	09 Mei 2017	12 hari	15
9.	19 Mei 2017	10 hari	15
10.	16 Juni 2017	28 hari	25
11.	23 Juni 2017	7 hari	15
12.	05 Juli 2017	12 hari	25
13.	24 Juli 2017	19 hari	25
14.	29 Agustus 2017	36 hari	25
15.	18 September 2017	20 hari	25
16.	04 Oktober 2017	16 hari	20
17.	03 November 2017	31 hari	25
18.	05 Desember 2017	32 hari	25

Hasil Penelitian

- **Penentuan distribusi data**

Data waktu antar kerusakan (T_f) didapatkan dengan menghitung selisih waktu antar kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya sedangkan data waktu perbaikan (T_r) didapatkan dengan menghitung lamanya waktu perbaikan saat kerusakan terjadi.



Gambar 2. Uji Distribusi dan Parameter *Spring Carbon Brush*

Untuk menentukan data waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan berdistribusi *weibull* dan *lognormal*, maka kita dapat menggunakan program *Minitab 14.0* :

Tabel 2. Jenis Distribusi yang Digunakan

Jenis Mesin	Nama Komponen	Jenis Distribusi	Parameter		
			Shape (α)	Scale (β)	t_{median}
Callender	Spring Carbon brush	weibull	2,47232	21,7194	-
		Lognormal	0,33743		17,455

• Perhitungan Waktu Rata-Rata Kerusakan Spring Carbon Brush

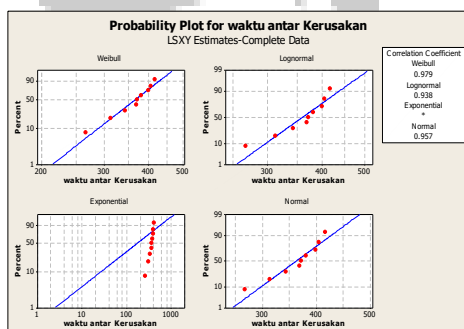
Perhitungan Index Of Fit

Perhitungan model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistik yang terpilih. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki *Index of Fit* terbesar, hasil perhitungan dengan bantuan program *Minitab 14.0* dapat dilihat pada Tabel 3 *Goodness of Fit* sebagai berikut:

Tabel 3. *Goodness of Fit*

	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Distribution		
Weibull	1.502	0.979
Lognormal	1.714	0.938
Exponential	6.562	*
Normal	1.615	0.957

Diketahui bahwa nilai terkecil *Anderson-Darling* sebesar 1.502 dan nilai koefisien korelasi (r) yang tertinggi sebesar 0.979 terletak pada distribusi *Weibull*, maka distribusi data waktu antar kerusakan mengikuti distribusi *Weibull*.

Gambar 3. Plot *Probability Waktu Antar Kerusakan*

Pengujian Distribusi Weibull

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pola distribusi kerusakan *Spring Carbon Brush* mengikuti distribusi *Weibull* dua parameter. Hipotesis :

H_0 : Waktu antar kerusakan *Spring Carbon Brush* berdistribusi *Weibull*.

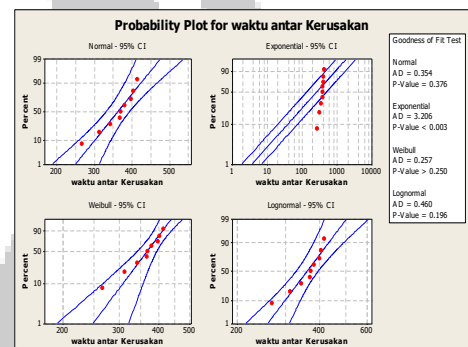
H_1 : Waktu antar kerusakan *Spring Carbon Brush* tidak berdistribusi *Weibull*.

Hasil pengujian distribusi *Weibull* untuk kerusakan *Spring Carbon Brush* terdapat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. *Goodness of Fit Distribution Weibull*

	Anderson-Darling (adj)	P
Distribution		
Weibull	0.14797	> 0.250

Diketahui nilai *probability* lebih besar dari 0.05, maka H_0 diterima, maka distribusi waktu antar kerusakan *Spring Carbon Brush* mengikuti distribusi *Weibull*.

Gambar 4. Distribusi Plot *Probability Waktu Antar Kerusakan*

Perhitungan Parameter Distribusi Weibull

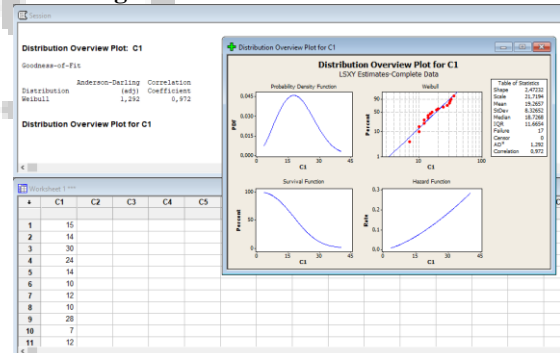
Untuk distribusi *weibull*, parameternya adalah α dan β . Hasil perhitungannya α dan β dengan menggunakan program *Minitab 14.0*, seperti sebagai berikut :

Tabel 5. *Goodness of Fit Distribution Weibull*

ML Estimates of Distribution Parameters			
Distribution	Shape	Scale	Threshold
Weibull	2,47232	21,7194	381.35246

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui nilai β = scale = 21,7194 dan nilai α = Shape = 2,47232

Perhitungan MTTF

Gambar 5. Hasil Perhitungan *MTTF* dengan Software *Minitab 14.0*

Diketahui nilai *MTTF* (*Mean Time To Failure*) adalah 18 hari. Diperoleh parameter distribusi *Weibull* dari nilai $\beta = \text{scale} = 21,7194$.

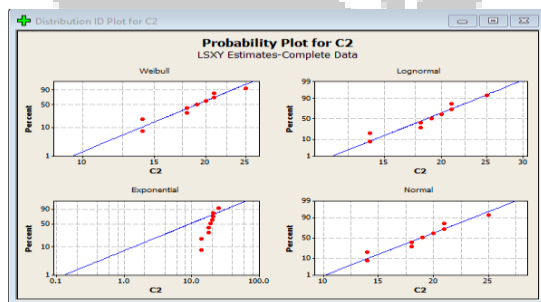
• Perhitungan Waktu Rata-Rata Lama Perbaikan Kerusakan *Spring Carbon Brush*

Perhitungan model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistik yang terpilih. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki *Index of Fit* terbesar, hasil perhitungan dengan bantuan program *Minitab 14.0* dapat dilihat pada Tabel 6. *Goodness of Fit* sebagai berikut :

Tabel 6. *Goodness of Fit*

Anderson-Darling Correlation		
Distribution	(adj)	Coefficient
Weibull	1.292	0.968
Lognormal	0,33743	0.972
Exponential	2,3954	*
Normal	0,57962	0.961

Diketahui bahwa nilai terkecil *Anderson-Darling* sebesar 0,33743 dan nilai koefisien korelasi (r) yang tertinggi sebesar 0.972 terletak pada distribusi *Lognormal*, berarti distribusi data penelitian lama perbaikan kerusakan mengikuti distribusi *Lognormal*.



Gambar 6. Plot Prediksi *Probability* Lama Perbaikan Kerusakan

Pengujian Distribusi *Lognormal*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pola distribusi kerusakan *Spring Carbon Brush* mengikuti distribusi *lognormal* atau dua parameter. Hipotesis:

H_0 :Lama Perbaikan kerusakan *Spring Carbon Brush* berdistribusi *Lognormal*.

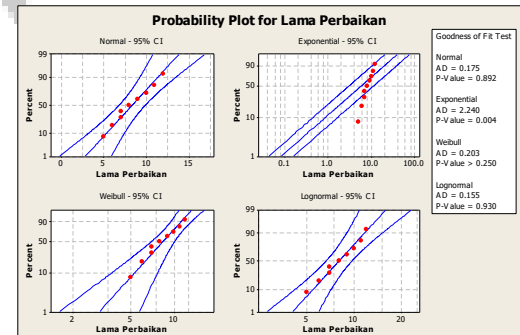
H_1 :Lama Perbaikan kerusakan *Spring Carbon Brush* tidak berdistribusi *Lognormal*.

Hasil perhitungan pengujian distribusi *lognormal* untuk kerusakan *Spring Carbon Brush* terdapat pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7. *Goodness of Fit Distribution Lognormal*

Anderson-Darling P		
Distribution	(adj)	
Lognormal	0.155	0.930

Diketahui nilai *probability* lebih besar dari 0.05, maka H_0 diterima, maka distribusi Lama Perbaikan kerusakan *Spring Carbon Brush* mengikuti distribusi *Lognormal*.



Gambar 7. Distribusi *Probability* Lama Perbaikan Kerusakan

Perhitungan Parameter Distribusi *Lognormal*

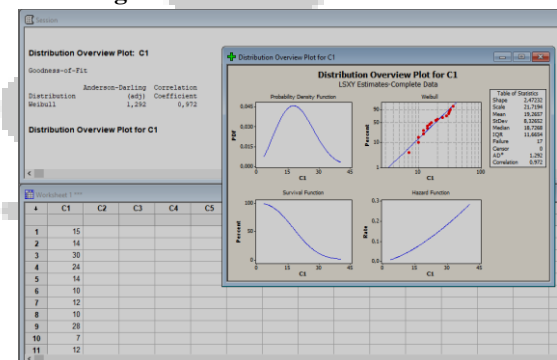
Untuk distribusi *Lognormal*, parameternya adalah t_{med} dan *Shape*. Hasil perhitungannya t_{med} dan *Shape* dengan menggunakan program *Minitab 14.0*, seperti sebagai berikut :

Tabel 8. *Goodness of Fit Distribution Lognormal*

ML Estimates of Distribution Parameters			
Distribution	Location	Scale	Threshold
Lognormal	3.35082	0.31791	

Berdasarkan Tabel 8. dapat diketahui nilai $t_{med} = \text{Location Parameters} = 3.35082$ dan nilai *Scale* = 0.31791

Perhitungan *MTTR*



Gambar 8. Hasil Perhitungan *MTTR* dengan Software *Minitab 14.0*

Diketahui nilai *MTTR* (*Mean Time To Repair*) adalah 18,7268 = 19 jam.

- **Menghitung Fungsi Padat Probabilitas**

Tujuan dari menghitung fungsi padat probabilitas adalah untuk mengetahui probabilitas terjadinya kerusakan pada mesin *Callender* khususnya *Spring Carbon Brush* pada waktu tertentu.

Perhitungan fungsi padat probabilitas berdasarkan interval waktu kerusakan menggunakan sebagai berikut :

Tabel 8. Fungsi Padat Probabilitas

tp	Fungsi Padat Probabilitas	tp	Fungsi Padat Probabilitas
5	0,013231719671219000	21	0,041895250242596000
6	0,016834203933498600	22	0,040235137041653800
7	0,020501053690412000	23	0,038260335968725200
8	0,024146980555147100	24	0,036028561743734000
9	0,027689859951847800	25	0,033600087695414700
10	0,031051479247524300	26	0,031035584772607500
11	0,034158888249685200	27	0,028394092500114700
12	0,036946021508635300	28	0,025731209138236300
13	0,039355371519766700	29	0,023097570842319100
14	0,041339547460417700	30	0,020537668778743500
15	0,042862589390279100	31	0,018089030635215400
16	0,043900936501538000	32	0,015781770494214500
17	0,044443975561903900	33	0,013638490224521400
18	0,044494124037947600	34	0,011674497737785700
19	0,044066431569416900	35	0,009898293652384810
20	0,043187712560767000		

Diketahui fungsi padat probabilitas pada interval waktu ke 18 hari memiliki tingkat probabilitas paling tinggi yaitu sebesar 0,044494124037947600 dan yang paling rendah pada interval waktu 35 hari dengan nilai 0,009898293652384810.

- **Menentukan Laju Kerusakan**

Tujuan dari penentuan laju kerusakan komponen adalah untuk mengetahui banyaknya kerusakan yang terjadi tiap satuan waktu.

Tabel 9. Laju Kerusakan

Tp	Laju Kerusakan	tp	Laju Kerusakan
5	0,027888166	21	0,631943542
6	0,042912127	22	0,671215154
7	0,061577992	23	0,708378528
8	0,083907226	24	0,743206706
9	0,109837561	25	0,775533379
10	0,139226468	26	0,805252251
11	0,171855707	27	0,832314489
12	0,207437391	28	0,856724487
13	0,245621709	29	0,878534287
14	0,286006282	30	0,897836995
15	0,328146955	31	0,914759558
16	0,371569751	32	0,929455277
17	0,415783579	33	0,942096377
18	0,460293264	34	0,952866937
19	0,504612416	35	0,631943542
20	0,548275668		

- **Penentuan Interval Perawatan *spring carbon brush***

Perhitungan interval perawatan berdasarkan tingkat keandalan dengan menggunakan rata-rata waktu kerusakan untuk tingkat keandalan *bearing spring carbon brush* 85% dan 95%. Untuk tingkat keandalan 85 % sebanyak 35 hari dan Untuk tingkat keandalan 95 % sebanyak 20 hari. Jam Kerja dalam 1 hari 16 jam terbagi dalam 2 *shift* kerja, dalam satu bulan terdapat 24 hari efektif.

- **Menghitung Total Biaya Perawatan Dengan Metode *Age Replacement***

Untuk dapat menghitung total biaya perawatan optimal maka mencari biaya-biaya perawatan yang relevan yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan.

Tabel 10. Perhitungan Biaya Akibat Kerusakan (Cf) Tiap Satu Kali Kerusakan

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dan pembersihan dibutuhkan 3 orang teknisi dengan biaya sebesar $15000 \times 3 \text{ orang} = 45.000,-$ waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk membersihkan dan mengganti komponen (<i>MTTR</i>) = 1 jam. Maka $\text{Rp.}45.000 \times 1 \text{ jam} = \text{Rp.}45.000,-$	Rp. 45.000,-
2	Biaya pembelian <i>Spring Carbon Brush</i>	Rp.90.000,- /unit
3	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin mengalami kerusakan $\text{Rp.}60.000,-/\text{jam}$ waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki, melakukan pengecekan dan mengganti komponen (<i>MTTR</i>) = 2 jam maka $\text{Rp.}60.000,-/\text{jam} \times 2 \text{ jam} = \text{Rp.}120.000$	Rp. 120.000,-
Total		Rp.255.000,-

Tabel 11. Perhitungan Biaya Perawatan Pencegahan (Cp)

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 3 orang teknisi dengan biaya sebesar $\text{Rp.}10.000 \times 3 \text{ orang} = \text{Rp.}30.000$ waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen adalah jam. Maka $\text{Rp.}30.000 \times 1 \text{ jam} = \text{Rp.}30.000,-$	Rp. 30.000,-
2	Biaya pembelian <i>Spring Carbon Brush</i>	Rp. 90.000,-
3	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin menganggur $\text{Rp.}60.000,-/\text{jam}$ waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen 1 jam maka $\text{Rp.}60.000,-/\text{jam} \times 1 \text{ jam} = \text{Rp.}60.000,-$	Rp. 60.000,-
Total		Rp. 180.000,-

• **Perhitungan Perbandingan Penghematan Biaya Perawatan Sebelum Diadakan *Preventif* Dengan Sesudah Dilakukan**

Penghematan biaya *downtime* yang didapat jika menetapkan penggantian komponen sebelum rusak (*preventive maintenance*) jika 1 Tahun = 300 hari kerja.

Tabel 12. Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Dilakukan *Preventive*

Sebelum dilakukan <i>Preventive</i>	Sesudah dilakukan <i>Preventive</i>
Biaya penggantian kerusakan = Rp. 255.000 x 18 perawatan = Rp. 4.590.000	Biaya perawatan = Rp. 180.000 x 16 perawatan = Rp. 2.880.000,-

Penghematan yang didapat sebesar :
= (Rp.4.590.000.-) - (Rp.2.880.000,-)
= Rp. 1.710.000,-

Atau dapat dilakukan dalam persen penghematan selama 1 tahun yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan *preventif* adalah sebesar
= $\frac{\text{Rp.1.710.000}}{\text{Rp. 4.590.000}} \times 100\%$
= 37,25 %

Pembahasan

Dari analisa data diatas menunjukkan hasil analisa penggantian dari komponen *Callender* yaitu *Spring Carbon Brush* menunjukan bahwa dari perhitungan fungsi padat probabilitas didapatkan nilai tertinggi dari fungsi tersebut adalah pada interval waktu 18 hari dengan nilai 0,044494124037947600.

Perhitungan laju kerusakan komponen *Spring Carbon Brush Jaw* sebelumnya menunjukan nilai kerusakan dengan nilai tertinggi dari fungsi tersebut yaitu pada interval waktu 18 hari yaitu sebesar 8,16 dimana laju kerusakan akan meningkat seiring dengan waktu pemakaian dari komponen tersebut.

Maka dipilihlah interval waktu 18 hari penggantian dikarenakan semakin lama interval waktu penggantian maka tingkat keandalannya semakin rendah ini memungkinkan mesin berhenti atau rusak sewaktu-waktu semakin besar sehingga pihak perusahaan melakukan perhitungan tingkat keandalan interval pada waktu 18 hari.

Total biaya penggantian komponen *Spring Carbon Brush* selama 1 tahun setelah diadakan penentuan interval perawatan dengan metode *age replacement* untuk perawatan komponen *Spring Carbon Brush* diperoleh waktu optimal 18 hari sekali.

Jika memakai perawatan *preventive* selama 35 hari maka akan terjadi 16 perbaikan dengan jumlah biaya

perawatan sebesar. Rp.2.880.000,- dan penghematan yang didapat sebesar Rp. 1.710.000,- atau dapat dilakukan dalam persen penghematan selama 1 tahun yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan *preventive* adalah sebesar 37,25%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

- Interval waktu perawatan dan penggantian optimal komponen *Spring Carbon Brush* pada mesin *Callender* yang memiliki nilai keandalan paling tinggi sebesar 85% dan terjadi pada 35 hari dan diperoleh interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 18 hari dan terjadi 16 kali perbaikan komponen dalam 1 tahun.
- Penghematan biaya *down time* yang bisa dilakukan oleh PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim setelah dilakukan analisa menggunakan metode *Age Replacement*. Rp. 1.710.000,- atau 37.25%. Dan biaya yang dikeluarkan apabila melakukan perawatan *preventive* selama 35 hari dengan 16 kali perawatan sebesar Rp. 2.880.000,-. Jika dibandingkan dengan sebelum menggunakan metode *Age Replacement* perusahaan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 4.590.000,-.

Saran

Berdasarkan simpulan diatas, maka beberapa saran kepada perusahaan yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan adalah :

- Perusahaan disarankan memakai metode *Age Replacment* dalam melakukan proses penggantian dan perbaikan pada komponen mesin *Callender* pada saat terjadi *down time* cukup lama. Agar proses produksi dan keuntungan yang didapat maksimal.
- Perlu ada perawatan *preventive* pada mesin *Callender* khususnya pada bagian komponen yang rawan terjadi kerusakan dan komponen tersebut nilainya cukup mahal.
- PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim kedepan lebih selektif dan memiliki standart dalam proses pemilihan bahan baku batu yang akan diproses dalam mesin *Callender* agar proses kerja mesin menjadi efektif. Tidak lupa kapasitas mesin lebih diperhatikan sehingga tidak akan terjadi *overload*.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2008). *Manajemen produksi dan operasi*. Edisi revisi 2008, Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Ebeling, C.E. (1997). *An introduction to reliability and maintainability engineering*, Singapore: The McGraw-Hill Company.
- Hartono, Gunawarman. 2003. Analisis Penerapan Total Preventive Maintenance Untuk Meningkatkan Availability dan Reliability Pada Mesin Injeksi Melalui Minimisasi Downtime. Jakarta: Universitas Binus.
- Jardine, A.K.S. (1993). *Maintenance, replacement, and reliability*, Canada: Pittman Publishing Company.
- Knezevic, Jezdimir, 1993. Reliability, Maintenance and Supportability: A Probabilistic Approach. London: McGraw-Hill Book Company.
- Montgomery, Douglas C. 1997. Design and Analysis of Experiment, John Wiley & son. 4th edition.
- Shey-Huei Sheu, *Optimal Age-Replacement Policy With Age-Dependent Minimal Repair and Random Leadtime*, IEE Reliability Society, 2001.

